

6 自由度パラレルメカニズムの校正に関する研究

静岡大学　近藤 宏之，大岩 孝彰

1. 緒 言

パラレルメカニズムはより高精度、高剛性を実現できる可能性があることから工作機械や測定機への応用が考えられる³⁾。その際、数値計算により機構パラメータの校正を行う必要がある²⁾。しかし全てのパラメータを同時に校正する場合、条件によっては計算が発散してしまうという不都合が存在した。そこで本研究では校正計算の際、対象とする機構パラメータを幾つかのグループに分ける方法を考案し、その有効性を実験により確かめる。

2. 原 理

今回提案するパラメータ校正方法は以下のようになる。初めに全ての機構パラメータを P とし、これを n 個のグループに分割し $P(i=1..n)$ とする。ここで座標誤差を X 、ヤコビ行列を J 、パラメータ誤差を ΔP とするとこれらの関係は式(1)で与えられる。

$$\Delta X = J_i \Delta P_i \quad (1)$$

この時機構パラメータの修正量 ΔP は最小二乗法により式(2)で表される¹⁾。

$$\Delta P_i = (J_i^T J_i)^{-1} J_i^T \Delta X \quad (2)$$

式(2)で求めた機構パラメータの修正量を現在のパラメータに加えることでパラメータを更新する。

$$P_{inew} = P_{iold} + \Delta P_i \quad (3)$$

繰り返し計算はパラメータ修正量 ΔP が一定に収束するまで行い、ヤコビ行列 J は更新されたパラメータ P で計算し直す。以上を各機構パラメータグループ P ごとに n 回繰り返す。この行程 1 回でのパラメータ修正量は十分でないため、多くの繰り返し回数を必要とする。

3. 機構パラメータ校正実験

3.1 実験機

今回の実験で使用した実験機の概略を図 1 に示す。ステージ、ベースには 6 個ずつ $1/2"$ 球が取り付けられている。これらをすべり球面ジョイントとし、ステージとベースを計 6 本のリンクにより連結する。また実験の際のリンク伸縮量には精度が要求されるため、リンクにはマイクロメータを内蔵した。またステージ位置、姿勢は CMM で測定するため、ステージ側面に $1/2"$ 球を 3 個取り付ける。

3.2 実験手順

3.2.1 初期値の設定

今回は校正対象のパラメータを 42 個とする。ステージ、ベースジョイントパラメータの初期値は CMM で計測した。またリンクパラメータの初期値は基準長さをノギスによって求めた。

3.2.2 測定点

実験機のリンクを伸縮させ、その時のステージ位置、姿勢を CMM で測定する。10 組のリンク伸縮量をあらかじめ設定し、それについて 10 回の測定を行う。内 6 点を校正計算に使用し、残りの 4 点で校正結果の善し悪しを判定する。

3.3.3 パラメータ校正計算

測定した位置、姿勢を用い、機構パラメータ校正計算を行う。前述の方法では、全てのパラメータを幾つかのグループに分ける必要がある。今回は全てのパラメータをステージジョイント座標 X, Y, Z 、ベー

スジョイント座標 X, Y, Z 、リンク長さ L それぞれについて計 7 つのグループに分けた。なお校正計算の繰り返し回数は 30000 回とする。計算の後、校正結果のパラメータを用い、実験機に入力した 10 組のリンク伸縮量について順運動学計算を行う⁴⁾。各機構パラメータが正しく校正されていれば、この計算結果は実際の測定点と一致する。

4. 実験結果

校正後のパラメータによる順運動学の結果と実際の測定点を比較し、その内 X 方向と X 軸周りの誤差について図 2,3 に示す。ここで測定点 1~6 が実際の校正計算に使用されている。校正の前と後で、校正計算に使用した 6 点について位置誤差は 1/10000 に改善され、姿勢誤差は 1/1000 に改善されている。また校正計算に使用しなかった 4 点についても位置誤差、姿勢誤差共に 1/1000 に改善されている。

5. 結 言

本報告ではパラレルメカニズムの校正方法を提案し、その有効性を実験により示した。

本研究は科研費基盤 B.C 及びしづおか産業創造機構産学共同研究により行われた。実験機は静岡県静岡工業技術センターより拝借した。以上記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 太田他 3 名：精密工学会誌, 66, 10(2000)1568.
- 2) 吉田他 2 名：日本機械学会年次大会論文, V(2002)45.
- 3) T.Masuda and M.Fujiwara and T.Arai : Kinematic Analysis of the Parallel Mechanism with Vertically Fixed Linear Actuators, Int.J. Mechanical Systems, Machine Elements and Manufacturing Vol.44.No.3, (2001)731.
- 4) Cario Innocenti : Forward Kinematics in Polynomial Form of the General Stewart Platform, Journal of Mechanical Design, Vol.123, (2001)254.

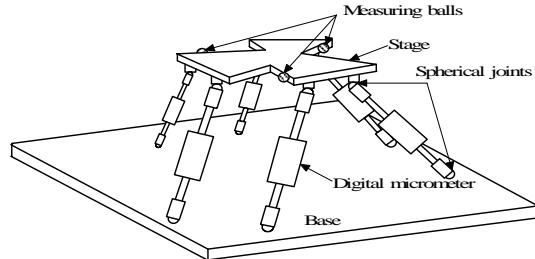


図 1 Outline figure of test prototype

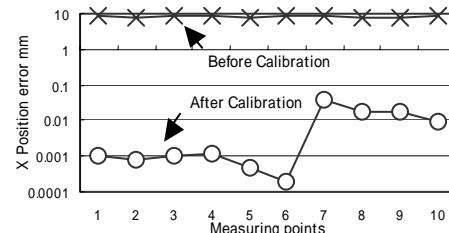


図 2 X Position error

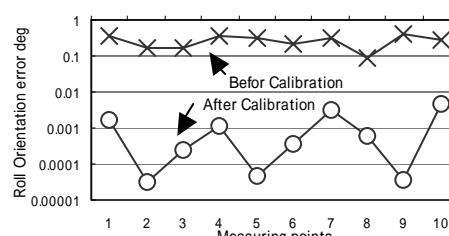


図 3 Roll Orientation error